

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 3 月 26 日 (26.03.2020)



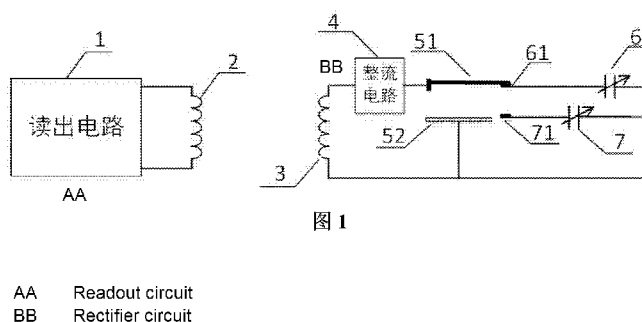
(10) 国际公布号
WO 2020/057071 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01D 5/20 (2006.01) **G01D 5/241** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/078281
- (22) 国际申请日: 2019 年 3 月 15 日 (15.03.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811086616.X 2018 年 9 月 18 日 (18.09.2018) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。
- (72) 发明人: 董蕾 (DONG, Lei); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 黄庆安 (HUANG, Qingan); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 王立峰 (WANG, Lifeng); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。

- (74) 代理人: 南京瑞弘专利商标事务所 (普通合伙) (NANJING RUIHONG PATENT & TRADEMARK AGENCY (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市玄武区龙蟠路 155 号 3 幢 411 室, Jiangsu 210000 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,

(54) Title: LC SENSING SYSTEM

(54) 发明名称: 一种 LC 传感系统



(57) Abstract: An LC sensing system, comprising a reading portion and a sensing portion, wherein the reading portion comprises a readout circuit (1) and a first inductor (2) connected in series to the readout circuit (1); the sensing portion comprises a second inductor (3), a cantilever switch (5) connected in series to the second inductor (3) by means of a rectifier circuit (4), and a parallel branch connected to both ends of the cantilever switch (5). The parallel branch comprises at least a first capacitive sensor (6) and a second capacitive sensor (7). The first inductor (2) and the second inductor (3) are inductively coupled to each other. In the LC sensing system, the deformation of the cantilever switch (5) is controlled, and on the basis of different deformation degrees and shape recovery characteristics of the cantilever switch (5) at different driving voltages, the first capacitive sensor (6) and then the second capacitive sensor (7) are connected in a circuit, so that passive wireless multi-parameter measurement is achieved, and the system is simple and easy to operate.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明：

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种LC传感系统，包括读取部分和传感部分，其中读取部分包括读出电路(1)及与读出电路(1)串联的第一电感(2)；传感部分包括第二电感(3)、经过整流电路(4)与第二电感(3)串联的悬臂梁开关(5)、与悬臂梁开关(5)的两端相连的并联支路，并联支路至少包括第一电容式传感器(6)和第二电容式传感器(7)，第一电感(2)和第二电感(3)互感耦合。该LC传感系统通过控制悬臂梁开关(5)的形变，利用悬臂梁开关(5)在不同驱动电压下不同的形变程度以及其形状回复特性，依次将第一电容式传感器(6)与第二电容式传感器(7)连入电路，实现无源无线多参数测量，系统简单，易操作。

一种 LC 传感系统

技术领域

本发明涉及传感技术领域，特别地涉及一种利用悬臂梁开关实现多参数测量的 LC 传感系统。

背景技术

无源无线传感器不需要电源供电，通过电感耦合的方式进行信号耦合。因此其具备两个天然优势：一是不需要电气连接；二是不需要更换电池，从而理论上具有无限寿命。正是由于这两点本质上的优势，使得无源无线传感器在某些特殊的应用环境下具有无可比拟的优势，比如密闭环境、机械旋转结构等等。在实际应用过程中往往要求无源无线传感器能同时监测多个参数。

已有的实现多个参数无源无线传感的技术手段有两种，一种每个传感器连接一个电感，利用多个电感-电容的谐振回路分别进行测试；另一种是在传感部分加入负载调制电路、分时复用电路以及整流稳压电路等形成一个复杂的分时调制系统，然后调制后的信号再由读取部分进行解调得到多个传感器信号。然而，在实现多参数测量方面存在很大改进空间，因此，有必要提供一种新的 LC 传感系统。

发明内容

本发明要解决 LC 传感器多参数测量的技术问题，要达到一个 LC 串联谐振回路能够同时进行个待测参数测量的目标，因此，本发明提供了一种 LC 传感系统，所述 LC 传感系统，包括读取部分和传感部分，其中所述读取部分包括读出电路及与读出电路串联的第一电感；所述传感部分包括第二电感、经过整流电路与第二电感串联的悬臂梁开关、与悬臂梁开关的两端相连的并联支路，所述并联支路至少包括第一电容式传感器和第二电容式传感器，所述第一电感和所述第二电感互感耦合。

作为一种改进，所述悬臂梁开关具有可动端与固定端。

作为一种改进，所述第一电容式传感器、所述第二电容式传感器分别设有第一电容可动极板和第二电容可动电极。

作为一种改进，所述可动端与所述第一电容可动极板相接触，所述第一电容可动极板与第二电容可动电极相接触。

本发明还提供了一种 LC 传感系统的测量方法，所述测量方法通过控制悬臂梁开关的可动端，利用不同驱动电压使所述可动端的形变，并与并联的多个电容式传感器电连接，以实现无源无线多参数测量，所述测量方法包括：

在读出电路扫频周期的初始状态，所述悬臂梁开关的可动端与第一电容式传感器接触，形成电感-电容谐振回路，产生驱动电压，所述驱动电压施加在所述悬臂梁开关上；

施加在所述悬臂梁开关上的驱动电压越来越大，使得所述可动端产生形变，所述可动端带动第一电容可动极板向第二电容可动极板靠近，并使所述第一电容可动极板和所述第二电容可动极板接触，将第一电容式传感器与第二电容式传感器并联接入电路，分别读取所述第一电容式传感器与所述第二电容式传感器的数据；

在驱动电压的作用下，所述可动端与所述第二电容可动极板解除连接，再次恢复到电感-电容谐振回路的初始状态，如此往复，实现对所述第一电容式传感器与所述第二电容式传感器的连续多参数测量。

作为一种改进，所述测量方法包括通过第一电感和第二电感的互感耦合作用进行相互传递频率信号，所述第二电感的两端产生次生磁场，从而产生耦合交流电压。

作为一种改进，所述耦合交流电压通过整流电路的作用后转化为驱动电压，所述驱动电压施加在悬臂梁开关上。

作为一种改进，读出电路发出的扫频频率与第二电感和第一电容式传感器形成的谐振回路的谐振频率接近且直至相等，所述可动端带动第一电容可动极板向第二电容可动极板靠近，并使所述第一电容可动极板和所述第二电容可动极板接触。

作为一种改进，所述扫频频率和所述谐振频率不相等，所述可动端与所述第二电容可动极板解除连接，恢复至初始状态。

作为一种改进，所述多个电容式传感器的数量可以为两个、三个或更多个。

有益效果：本发明的 LC 传感系统，通过控制悬臂梁开关的可动端，利用不同驱动电压使所述可动端的形变，并与并联的多个电容式传感器电连接，可以分别对并联的多个电容式传感器的数据进行读取，实现无源无线多参数测量，系统简单，易操作和实现。

附图说明

图 1 为本发明的 LC 传感系统的初始状态示意图；

图 2 为本发明的悬臂梁开关将第二电容式传感器接入谐振回路时的原理示意图；

图 3 为本发明的 LC 传感系统并联多个电容传感器的另一实施方式的示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明做更进一步的解释。

实施例 1

如图 1 所示，本发明提供一种利用悬臂梁开关实现多参数测量的 LC 传感系统，该 LC 传感系统包括读取部分和传感部分，其中，读取部分包括读出电路 1 和第一电感 2，第一电感 2 串联在读出电路 1 上；传感部分包括第二电感 3、整流电路 4、悬臂梁开关 5、第一电容式传感器 6、第二电容式传感器 7。

具体地，第二电感 3 经过整流电路 4 与所述悬臂梁开关 5 串联，第一电容式传感器 6、第二电容式传感器 7 构成的并联支路，该并联支路并联在第二电感 3、整流电路 4 和悬臂梁开关 5 的串联电路中；不限于此，上述并联支路还可以包括第三电容式传感器（具体参见图 3），或者包括三个以上的电容式传感器。

进一步地，悬臂梁开关 5 具有可动端 51 与固定端 52，可动端 51 通过不同的驱动电压而发生形变；悬臂梁开关 5 的可动端 51 与第一电容式传感器 6 接触，形成电感-电容（LC）谐振回路；第一电容式传感器 6、第二电容式传感器 7 分别设有第一电容可动极板 61 和第二电容可动电极板 71；在驱动压力的作用下，悬臂梁 5 的可动端 51 可与第一电容可动极板 61 接触，使第一可动电极 61 和第二电容可动电极板 71 接触，以将第一电容式传感器 6 与第二电容式传感器连入电路，从而实现无源无线多参数测量。

实施例 2

本发明还提供了一种 LC 传感系统的测量方法，该测量方法通过控制悬臂梁开关的可动端，利用不同驱动电压使所述可动端的形变，并与并联的多个电容式传感器电连接，以实现无源无线多参数测量，在本实施方式中，所述多个电容式传感器为两个，具体包括第一电容式传感器 6 和第二电容式传感器 7，该测量方法具体包括：

在读出电路扫频周期的伊始，悬臂梁开关的可动端 51 与第一电容式传感器 6 接触，形成电感-电容（LC）谐振回路（参见图 1），通过所述第二电感 3 和第一电感 2 的互感耦合作用进行相互传递频率信号。同时，由于磁耦合的存在，使得第二电感 3 两端产生次生磁场，从而产生耦合交流电压，此耦合交流电压通过整流电路 4 的作用后转化为驱动电压，此驱动电压施加在悬臂梁开关 5 上；

随着扫频周期的进行，读出电路 1 发出的扫频频率与第二电感 3 和第一电容式传感器 6 形成的谐振回路的谐振频率接近，第二电感 3 两端的耦合交流电压越来越大，当扫频频率与谐振频率一致时，耦合交流电压达到最大。此时，施加在悬臂梁开关 5 上的驱动电压越来越

大，由于静电力的作用，使得可动端 51 产生形变，逐步向固定端 52 靠拢，在此过程中，可动端 51 带动第一电容式传感器 6 的第一电容可动极板 61 向第二电容式传感器 7 的第二电容可动极板 71 靠近，直到两者接触（参见图 2）。此时，第二电容式传感器 7 与第一电容式传感器 6 并联接入电路，谐振回路的谐振频率改变；

扫频周期继续进行，此时扫频频率与谐振频率不再一致，使得悬臂梁开关 5 两端的驱动电压变小，可动端 51 逐步远离固定端 52；在此过程中，可动端 51 与第二电容式传感器 7 的第二电容可动极板 71 分离，使其不再连入电路中，LC 回路的状态逐渐恢复到第一步的谐振状态，直到扫频周期结束，迎来下一次的扫频周期，如此往复，实现对第一电容式传感器 6 与所述第二电容式传感器 7 的连续检测。

需要说明的是，上述电容式传感器不局限于第一电容式传感器 6 与第二电容式传感器 7，也可在第一电容式传感器 6 与第二电容式传感器 7 之间增加更多的电容式传感器，并且与第一电容式传感器 6 和第二电容式传感器 7 并联，实现多个敏感参数的测量。

与现有技术相比，本发明的 LC 传感系统，通过控制悬臂梁开关的可动端，利用不同驱动电压使所述可动端的形变，并与并联的多个电容式传感器电连接，可以分别对并联的多个电容式传感器的数据进行读取，实现无源无线多参数测量，系统简单，易操作和实现。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种 LC 传感系统，其特征在于，所述 LC 传感系统包括读取部分和传感部分，其中所述读取部分包括读出电路及与读出电路串联的第一电感；所述传感部分包括第二电感、经过整流电路与第二电感串联的悬臂梁开关、与悬臂梁开关的两端相连的并联支路，所述并联支路至少包括第一电容式传感器和第二电容式传感器，所述第一电感和所述第二电感互感耦合。

2. 根据权利要求 1 所述的 LC 传感系统，其特征在于，所述悬臂梁开关具有可动端与固定端。

3. 根据权利要求 2 所述的 LC 传感系统，其特征在于，所述第一电容式传感器、所述第二电容式传感器分别设有第一电容可动极板和第二电容可动电极。

4. 根据权利要求 3 所述的 LC 传感系统，其特征在于，所述可动端与所述第一电容可动极板相接触，所述第一电容可动极板与第二电容可动电极相接触。

5. 一种 LC 传感系统的测量方法，其特征在于，所述测量方法通过控制悬臂梁开关的可动端，利用不同驱动电压使所述可动端的形变，并与并联的多个电容式传感器电连接，以实现无源无线多参数测量，所述测量方法包括：

在读出电路扫频周期的初始状态，所述悬臂梁开关的可动端与第一电容式传感器接触，形成电感-电容谐振回路，产生驱动电压，所述驱动电压施加在所述悬臂梁开关上；

施加在所述悬臂梁开关上的驱动电压越来越大，使得所述可动端产生形变，所述可动端带动第一电容可动极板向第二电容可动极板靠近，并使所述第一电容可动极板和所述第二电容可动极板接触，将第一电容式传感器与第二电容式传感器并联接入电路，分别读取所述第一电容式传感器与所述第二电容式传感器的数据；

在驱动电压的作用下，所述可动端与所述第二电容可动极板解除连接，再次恢复到电感-电容谐振回路的初始状态，如此往复，实现对所述第一电容式传感器与所述第二电容式传感器的连续多参数测量。

6. 根据权利要求 5 所述的测量方法，其特征在于，所述测量方法包括通过第一电感和第二电感的互感耦合作用进行相互传递频率信号，所述第二电感的两端产生次生磁场，从而产生耦合交流电压。

7. 根据权利要求 6 所述的测量方法，其特征在于，所述耦合交流电压通过整流电路的作用后转化为驱动电压，所述驱动电压用作驱动电压施加在悬臂梁开关上。

8. 根据权利要求 5 所述的测量方法，其特征在于，读出电路发出的扫频频率与第二电感和第一电容式传感器形成的谐振回路的谐振频率接近且直至相等，所述可动端带动第一电容可动极板向第二电容可动极板靠近，并使所述第一电容可动极板和所述第二电容可动极板接

触。

9. 根据权利要求 8 所述的测量方法,其特征在于,所述扫频频率和所述谐振频率不相等,所述可动端与所述第二电容可动极板解除连接,恢复至初始状态。

10. 根据权利要求 5 所述的测量方法,其特征在于,所述多个电容式传感器的数量可以为两个、三个或更多个。

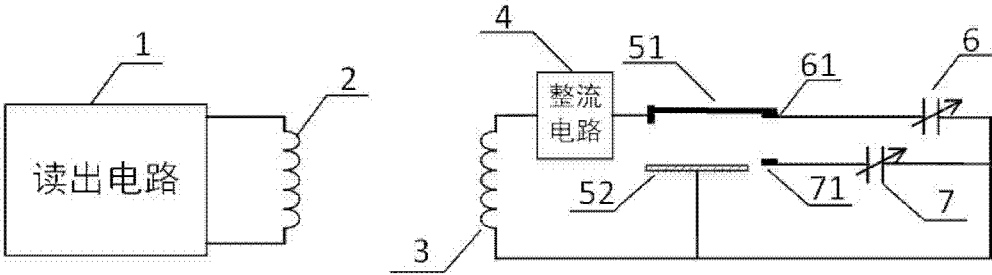


图 1

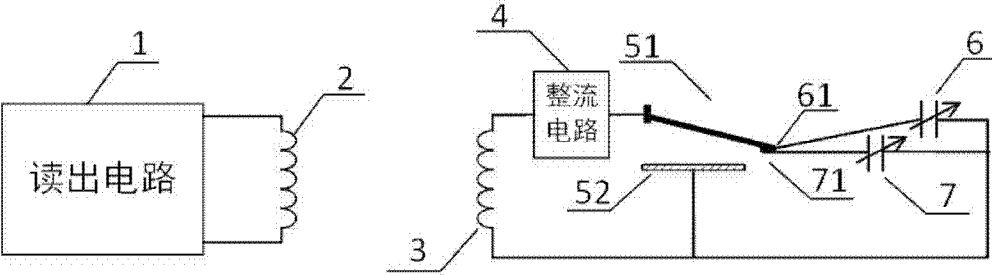


图 2

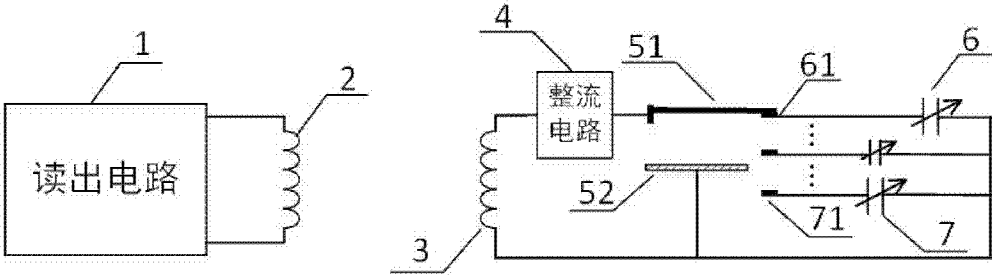


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/078281

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D 5/20(2006.01)i; G01D 5/241(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D; H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN; CNABS; CNTXT; CNKI: 东南大学, 董蕾, 悬臂梁, 开关, 电感, 电容, LC, semi, girder, switch, LC, cantilever, beam

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109211283 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 15 January 2019 (2019-01-15) claims 1-10	1-10
Y	CN 105702011 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 22 June 2016 (2016-06-22) description, paragraphs 4-26, and figures 1-3	1-10
Y	CN 102082043 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 01 June 2011 (2011-06-01) description, paragraphs 88-92, and figures 1-18	1-10
A	CN 107817058 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 20 March 2018 (2018-03-20) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 June 2019

Date of mailing of the international search report

20 June 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)**
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088**
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/078281

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109211283	A	15 January 2019	None			
CN	105702011	A	22 June 2016	None			
CN	102082043	A	01 June 2011	EP	2328160	B1	28 February 2018
				JP	2011119249	A	16 June 2011
				CN	102082043	B	23 September 2015
				US	2011128112	A1	02 June 2011
				KR	101745725	B1	09 June 2017
				JP	5829804	B2	09 December 2015
				EP	2328160	A1	01 June 2011
				KR	20110060840	A	08 June 2011
				US	8779886	B2	15 July 2014
CN	107817058	A	20 March 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/078281

A. 主题的分类

G01D 5/20(2006.01)i; G01D 5/241(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01D; H01H

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

VEN;CNABS;CNTXT;CNKI:东南大学, 董蕾, 悬臂梁, 开关, 电感, 电容, LC, semi, girder, switch, LC, cantilever, beam

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109211283 A (东南大学) 2019年 1月 15日 (2019 - 01 - 15) 权利要求1-10	1-10
Y	CN 105702011 A (东南大学) 2016年 6月 22日 (2016 - 06 - 22) 说明书第4-26段, 附图1-3	1-10
Y	CN 102082043 A (通用电气公司) 2011年 6月 1日 (2011 - 06 - 01) 说明书第88-92段, 附图1-18	1-10
A	CN 107817058 A (东南大学) 2018年 3月 20日 (2018 - 03 - 20) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 6月 14日

国际检索报告邮寄日期

2019年 6月 20日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

王蕾

传真号 (86-10)62019451

电话号码 62085734

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/078281

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109211283	A	2019年 1月 15日	无			
CN	105702011	A	2016年 6月 22日	无			
CN	102082043	A	2011年 6月 1日	EP	2328160	B1	2018年 2月 28日
				JP	2011119249	A	2011年 6月 16日
				CN	102082043	B	2015年 9月 23日
				US	2011128112	A1	2011年 6月 2日
				KR	101745725	B1	2017年 6月 9日
				JP	5829804	B2	2015年 12月 9日
				EP	2328160	A1	2011年 6月 1日
				KR	20110060840	A	2011年 6月 8日
				US	8779886	B2	2014年 7月 15日
CN	107817058	A	2018年 3月 20日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)